Selección para la Olimpiada Nacional de Física 2002

Examen Teórico

Lunes 26 de Agosto del 2002

Tiempo Disponible: 4,5 Horas

Lean esto antes de empezar el examen:

1. Resuelva cada problema en hojas separadas.
2. En cada hoja escriba su nombre, el numero de problema que esta resolviendo, el numero de hoja y cantidad de hojas entregadas en ese problema.
3. Escriba al pie de esta hoja su nombre y la cantidad total de hojas entregadas

Este examen consta de 8 paginas

Examen preparado en Escuela ORT

Nombre:

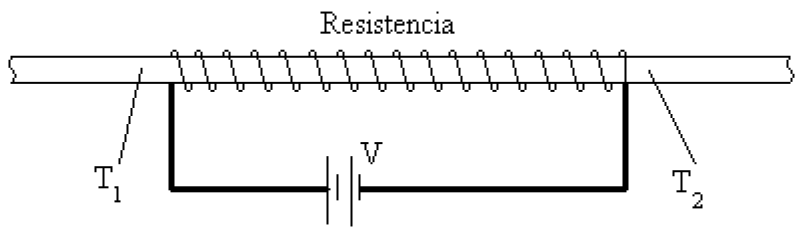
Cantidad de hojas entregadas:

Problema 1: Medición de Caudal:

En este problema se analizarán dos formas de medir el caudal másico de un liquido que pasa por un caño. Este se define como la cantidad de masa de liquido que pasa por unidad de tiempo.

Método 1:

Este método consiste en poner un calentador en el medio del caño y medir la diferencia en la temperatura del liquido antes y después de pasar por el calentador (T1,T2).



El calentador esta formado por una resistencia de (1Ω) y una fuente de tensión.

i) Calcular la tensión (V) de la fuente para que la resistencia disipe (9 W) (1 Punto)

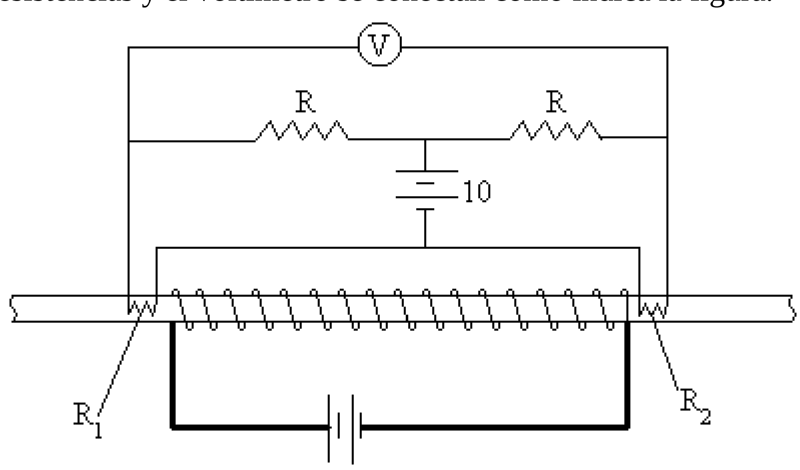
Sabiendo que el calentador le entrega al liquido un 70% de la potencia disipada y que el calor específico del liquido es (1 cal/gºC).

ii) Calcular el caudal másico en función de la diferencia de temperaturas. (2 Puntos)

Para medir las temperaturas se utiliza una fuente de tensión de 10 Volts, 2 resistencias (R), un voltímetro y 2 PTC (R1,R2). Estas ultimas son resistencias que varían su valor con la temperatura y cuyo comportamiento en las temperaturas de trabajo se puede aproximar por la siguiente ecuación.

$$R_X = 20\Omega + T0.2\frac{\Omega}{{}^oC}$$

Estas resistencias y el voltímetro se conectan como indica la figura.



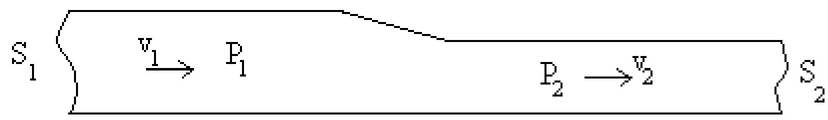
Donde R=10000 Ω. Notar que para temperaturas normales R>>R1,R2.

Se puede suponer que la corriente por el voltímetro es cero y que la energía disipada en las resistencias R1 y R2 es despreciable.

iii) Calcular el caudal másico en función de la tensión (ΔV) que mide el voltímetro (utilice que R>>R1,R2). (2 Puntos)

Método 2:

En este método se varía la sección del caño y se mide la diferencia de presiones a la misma altura antes y después del cambio de sección (P1,P2).



Vista Superior

Donde S1= $30cm^2$ y S2= $25cm^2$

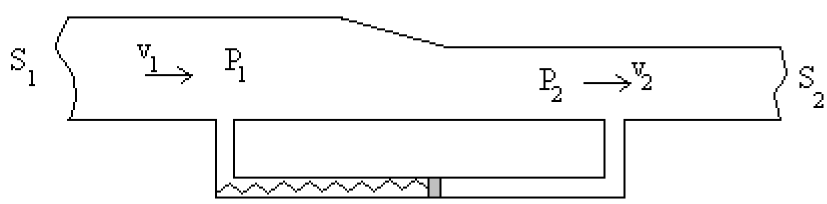
iv) Calcule V2 en función de V1 (1 Punto)

Sabiendo que la densidad del liquido es (1 kg/l). Y recordando la ecuación de Bernoulli:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + g\rho h = cte$$

v) Calcule el caudal másico en función de la diferencia de presiones (P1,P2) (2 Puntos)

Para medir dicha diferencia se agrega un tubo de sección S3= $5cm^2$ con un embolo y un resorte (k=0,1 N/m) dentro como muestra la figura:

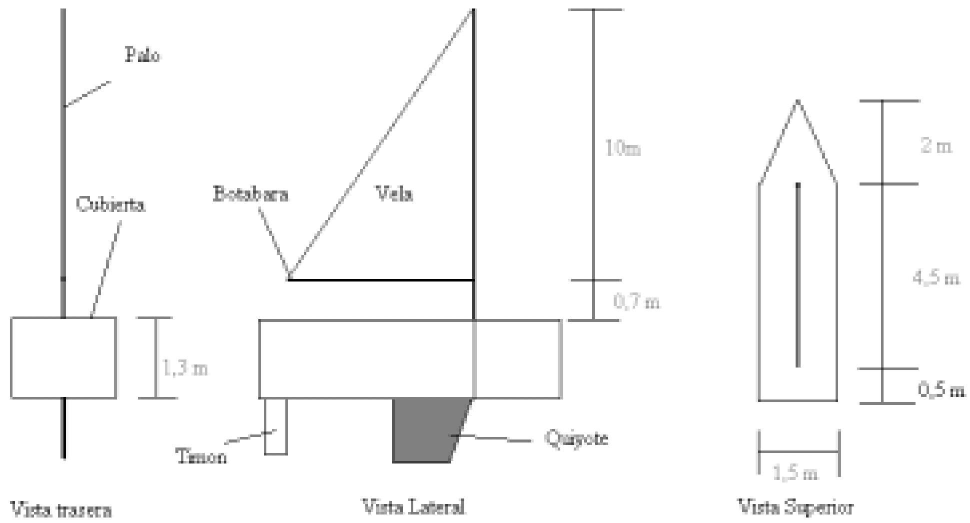


Vista Superior

vi) Calcular el caudal másico en función de cuanto se desplaza el embolo. (2 Puntos)

Problema 2: Corramos una Regata:

Un famoso astillero construyó un barco (de bajo costo) para correr regatas locales. Las dimensiones y forma del barco se muestran en la figura.



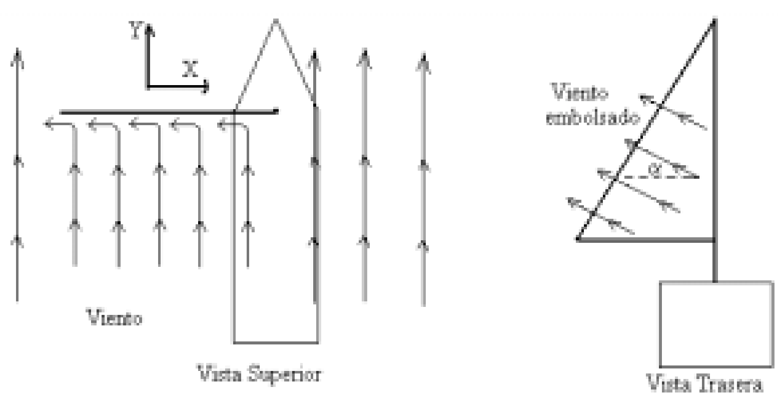
El casco del barco pesa (3000 Kg) y el quiyote (encargado de mantener el barco en equilibrio) pesa (1500 Kg) , los demás pesos se consideran despreciables. También se desprecian los volúmenes del timón y el quiyote.

i) Una vez que el barco esta flotando, calcule la altura que hay desde la superficie del agua hasta la cubierta (la parte de arriba) del barco. (1 Punto)

Unos marineros y el físico encargado del proyecto, cuyos pesos son despreciables, salen para probar el velero.

Es un día soleado y el barco navega suavemente con viento franco. Esto es cuando el viento viene exactamente desde atrás.

Para analizar este problema se puede suponer que el viento que embolsa la vela sale con una velocidad que forma un ángulo (α=24,2º) con la horizontal (perpendicular a la hipotenusa de la vela) y que es paralela al plano de la vela (ver figura) mientras que el viento que no es embolsado no interactúa con el velero.



ii) Demuestre que la fuerza en (X) y en (Y) que recibe el velero son:

$$F_X = v'^2 A\delta_A \cos(\alpha)$$
$$F_Y = v'^2 A\delta_A$$

(2 Puntos)

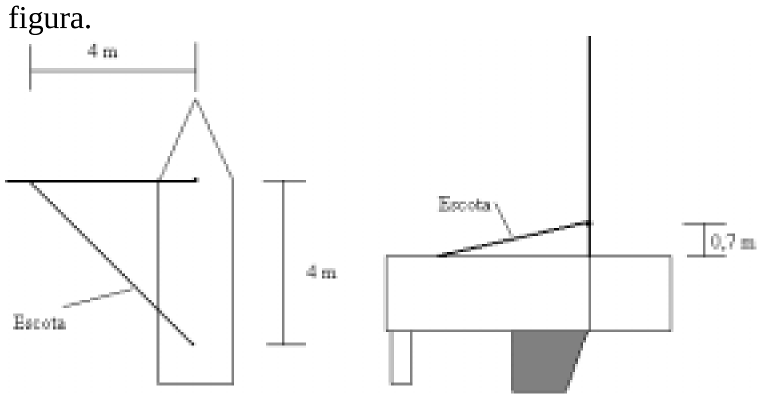
Donde : v' es la velocidad del viento respecto del barco (viento aparente)
A es el area de la vela
δ_A es la densidad del aire

El barco viaja a (3 m/s) y la velocidad **<u>real</u>** (respecto de la tierra) del viento es (10 m/s).

iii) Calcule la fuerza que recibe el barco en el eje (Y) (0,5 Puntos)

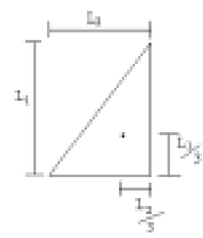
La fuerza que recibe el barco puede ser considerada como si estuviera aplicada en el baricentro de la vela.

La botabara (el caño que esta en la base de la vela) puede girar libremente alrededor del palo, para sostenerla hay una soga (cabo) desde la botabara a la cubierta llamado escota, como muestra la figura.



iv) Calcule la tensión de la escota. (1 Punto)

Ayuda: El baricentro de un triangulo rectángulo de lados L1 y L2 se muestra en la figura.



La fuerza de rozamiento con el agua se puede considerar proporcional a la velocidad del barco respecto del agua.

Por la geometría del barco dicha constante tiene un valor de (K=400 Ns/m) cuando el barco va hacia delante. Pero tiene un valor muy grande cuando el barco va de costado. Con lo cual se puede considerar que la fuerza en el eje X no produce ningún efecto.

El viento empieza a aumentar, sin cambiar de dirección, y el barco acelera (o desacelera) hasta llegar a una velocidad terminal (cuando la fuerza del viento es igual a la de rose).

v) Calcule la velocidad terminal en función de la velocidad <u>real</u> del viento. (1 Punto)

Para simplificar los cálculos puede considerar que: $v_V{}^2 + v_T{}^2 \cong v_V{}^2$

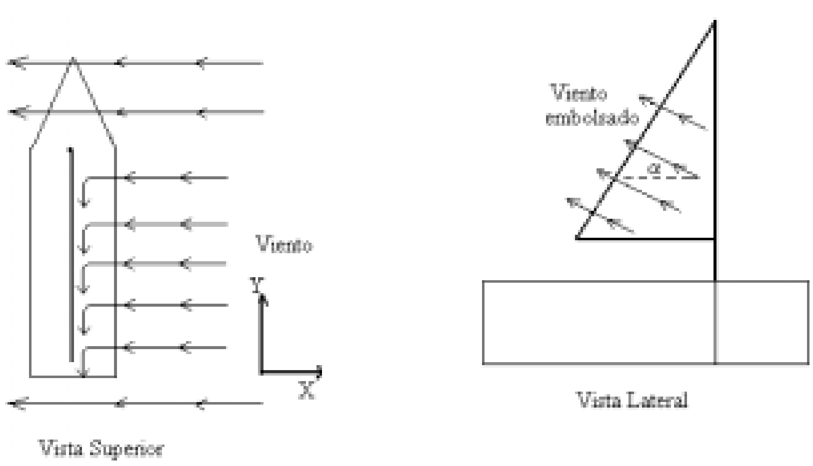
Donde: V_V es la velocidad real del viento y V_T la velocidad terminal

Luego del mediodía empieza la bajante lo cual significa que hay una corriente en sentido opuesto a la velocidad del barco (¡que mala suerte!).

vi) Calcule la velocidad terminal en función de la velocidad real del viento y de la velocidad de la corriente. (1 Punto)

A la tarde la corriente desaparece y deciden volver.

A la vuelta el viento cambió un poco de dirección y el viento <u>aparente</u> (relativo al barco) tiene la dirección (X) (viento de través) . En este caso la vela se pone en la dirección del eje (Y) y se puede considerar (al igual que en el punto ii) que el viento que embolsa la vela sale con una velocidad que forma un ángulo (α=24,2º) con la horizontal y que es paralela al plano de la vela. Mientras que el viento que no es embolsado no interactúa con el velero.



vii) **Calcule la fuerza en el eje (Y) y en el eje (X) que recibe el barco. (1,3 Puntos)**

Cuando el viento viene de través se puede despreciar el efecto de la velocidad del barco, o sea que el viento real se considera igual al aparente. Sabiendo esto:

viii) **Calcule la velocidad terminal del barco en función de la velocidad del viento cuando este viene de través. (0,7 Puntos)**

Con este resultado y el del punto v):

ix) **Calcule para que intervalo de velocidades del viento conviene que este venga de través y cuando conviene que venga franco (de atrás). (0,5 Puntos)**

En todo este análisis hemos considerado que el barco permanece derecho. Sin embargo cuando el viento es muy fuerte y viene de través el barco se inclina (escora).

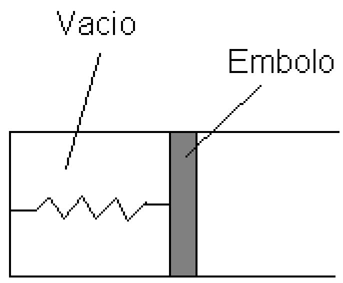
x) **¿Este efecto, aumenta a disminuye la velocidad calculada en el punto viii)?. Justifique. (Suponga que la constante K no cambia cuando el barco escora) (1 Punto)**

Datos: Densidad del aire $\delta_A = 1{,}3 \, {}^{kg}\!/_{m^3}$

Problema 3: Armemos un Barómetro:

Juan decide hacer un barómetro para medir las variaciones de la presión atmosférica.

La primer idea que se le ocurre es hacer vacío en un tubo abierto en uno de sus extremos con un embolo y colocar un resorte como muestra la figura.



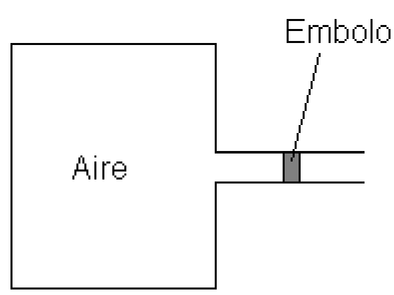
La sección del tubo es de ($3cm^2$) y la longitud natural del resorte es 10 cm. El rozamiento del embolo se considera despreciable.

i) Calcular la constante (K) del resorte para que cuando la presión atmosférica sea 1ATM (101,3 Kpa) el resorte se comprima hasta medir 5 cm. (1 Punto)

Las presiones atmosféricas normales se encuentran entre 0,987 y 1,012 ATM.

ii) Calcular la distancia que se moverá el embolo si la presión varía entre los valores anteriores. (1 Punto)

Como la distancia calculada en el punto dos es muy pequeña y difícil de medir. Juan prueba otra idea. Esta consta de un tubo de sección ($30cm^2$) y 5 cm de altura con un pico abierto de sección ($2cm^2$) con un embolo como muestra la figura.



Dentro del tubo se mete una cantidad de masa (m) de aire, cuya masa molar es (14,2 g/mol).

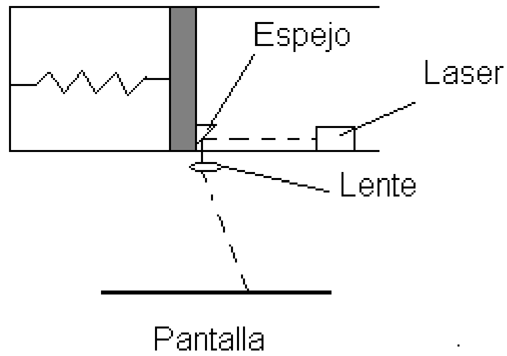
iii) Calcular dicha masa de aire para que el embolo esté a 3 cm de la parte ancha del tubo cuando la presión es de 1 ATM y la temperatura T= 300 K. (1 Punto)

iv) Repetir el punto ii) para este sistema. Suponer temperatura constante. (1,5 Puntos)

Todo parece funcionar bien hasta que la temperatura baja un grado y la presión atmosférica no cambia.

v) Calcular cuanto se movió el embolo. (1 Punto)

Dado este inconveniente Juan decide volver a la primer idea e intentar amplificar el movimiento. Para esto agrega un espejo en el embolo y apunta un láser hacia el mismo de tal manera que el haz sale perpendicular al tubo. En la pared del tubo pone una lente delgada convergente de foco 0,5 cm y a una distancia (d) de la lente pone una pantalla.



vi) Calcular la distancia (d) para que el punto en la pantalla se mueva 5 cm cuando la presión varía entre los limites normales. (1 Punto)

Juan contento con los resultados se pone a jugar con los aparatos que armó.
Primero agarra el aparato del punto i) y lo saca de la posición de equilibrio. Luego lo suelta y el embolo comienza a oscilar con una frecuencia (f1).

vii) Calcular (f1) si la masa del embolo es 0,02 Kg. (1,5 Puntos)
Ayuda: La ecuación característica de un movimiento oscilatorio es:

$$a = -(2\pi f)^2 \Delta x$$

Donde a es la aceleración del cuerpo f la frecuencia de oscilación y (Δx) es la posición del cuerpo respecto de la posición de equilibrio.

Ahora agarra el aparato del punto iii) y lo saca del equilibrio una distancia (Δx) tal que (S*Δx) es mucho menor que el volumen del tubo.
Luego lo suelta y el embolo empieza a oscilar con una frecuencia (f2). Las oscilaciones son lo suficientemente rápidas como para suponer que las transformaciones del aire dentro del tubo son adiabáticas (no intercambia calor con el exterior).

viii) Si la presión es de 1Atm la temperatura de 300 k y la masa del embolo es 0,02 Kg. Calcular (f2). (2 Puntos)

Ayuda 1: En una transformación adiabática se cumple:

$$TV^{\gamma-1} = cons\tan te$$

Donde: T es la temperatura
V el volumen
γ es el coeficiente de expansión adiabática que para el aire es 1,4.

Ayuda 2: Use la ayuda del punto anterior y además use que:

$$\frac{1}{(V_0 + \Delta V)^{\alpha}} \cong \frac{1}{V_0^{\alpha}} - \alpha \frac{\Delta V}{V_0^{\alpha+1}}$$ **cuando ΔV<<V0**

Constantes: $R = 0{,}082 \frac{ATM \cdot l}{mol \cdot K}$